

SISTEM KEAMANAN PESAWAT TERBANG TERHADAP LISTRIK STATIS DAN SAMBARAN PETIR



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Sastra I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas teknik**

Oleh:

MUKHLIS KHOIRUDIN

D 400 160 045

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**SISTEM KEAMANAN PESAWAT TERBANG TERHADAP LISTRIK
STATIS DAN SAMBARAN PETIR**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

MUKHLIS KHOIRUDIN

D 400 160 045

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing



Hasyim Asi'ary, S.T, M.T.

NIK. 981

HALAMAN PENGESAHAN

SISTEM KEAMANAN PESAWAT TERBANG TERHADAP LISTRIK STATIS DAN SAMBARAN PETIR

OLEH:

MUKHLIS KHOIRUDIN

D 400 160 045

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

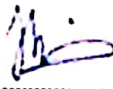
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari kamis, 6 Agustus 2020 dan

dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

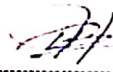
**1. Dosen Pembimbing
(Hasyim Asy'ari, ST. MT)**

()
.....

**2. Dosen Penguji
(Agus Supardi, ST. MT)**

()
.....

**3. Dosen Penguji
(Umar, ST. MT)**

()
.....



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan yang saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 6 Agustus 2020

Penulis



MUKHLIS KHOIRUDIN
D 400 160 045

SISTEM KEAMANAN PESAWAT TERBANG TERHADAP LISTRIK STATIS DAN SAMBARAN PETIR

Abstrak

Pesawat terbang adalah sarana transportasi umum yang cocok digunakan di negara kepulauan seperti Indonesia, selain mempercepat waktu perjalanan juga termasuk sarana transportasi umum yang aman digunakan. Transportasi udara sangat perlu diperhitungkan pelayanannya, yaitu pada aspek keamanannya pada saat pesawat sedang terbang. Ada banyak pertimbangan pada saat pesawat sedang terbang mulai dari cuaca, tekanan udara, arah angin, suhu udara, listrik statis antara gesekan sayap pesawat terbang dengan awan, maupun sambaran petir. *Static discharge* adalah komponen pesawat terbang yang terletak diujung paling luar atau *trailing edge* pada sayap pesawat maupun ekor pesawat terbang, yang digunakan untuk meneruskan aliran petir yang mengenai pesawat terbang akan dialirkan lagi ke udara, dan juga bisa digunakan untuk menetralkan listrik statis yang ada di pesawat terbang akibat adanya gesekan sayap pesawat dengan awan yang menimbulkan listrik statis pada pesawat terbang, karena petir maupun listrik statis ini bisa mengganggu kerja komponen listrik, komunikasi dan navigasi pesawat terbang, bahkan bisa merusak komponen listrik, komponen komunikasi dan komponen navigasi yang ada pada pesawat terbang. Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengetahui sistem kerja *static discharge* yang sudah ada di pesawat terbang saat ini dan menentukan letak dimana *static discharge* itu dipasang pada pesawat terbang. Dengan menggunakan metode bola gulir, bisa untuk mengetahui potensi yang terkena sambaran petir itu terletak dimana saja dan juga bisa menentukan tempat-tempat yang akan dipasang *static discharge*. Sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan keamanan dan kelayakan pesawat pada saat sedang melakukan penerbangan maupun pada saat terparkir di apron bandara. Setelah dilakukan penelitian dengan metode bola gulir untuk memproteksi arus petir sebesar 100kA pada saat pesawat yang sedang tidak beroperasi atau tidak terbang ditetapkan radius bola gulir sebesar 32m sedangkan ketika pesawat sedang beroperasi atau terbang untuk memproteksi arus petir sebesar 100kA ditetapkan radius bola gulir sebesar 38m, tempat yang paling tepat untuk memasang *static discharge* pada saat pesawat sedang beroperasi ataupun tidak beroperasi adalah pada ujung sayap yang paling luar begitu pula pada ekor pesawat dipasang pada ujung yang paling luar dari *elevator* maupun *rudder* dan ketika *static discharge* bekerja dengan normal sangat kecil kemungkinan bila pesawat terbang tersengat oleh sambaran petir yang menyebabkan gangguan pada elektronik maupun bodi pesawat terbang.

Kata Kunci: Listrik Statis Pesawat Terbang, *Static Discharge*.

Abstract

Airplanes are public transportation facilities that are suitable for use in archipelagic countries such as Indonesia, in addition to speeding up travel time, including safe public transportation. Air transportation really needs to be taken into account, namely the safety aspect when the plane is flying. There are many considerations when the aircraft is flying from the weather, air pressure, wind direction, air temperature, static electricity between the friction of the aircraft's wings with clouds, and lightning strikes. Static discharge is an aircraft component that is located at the outermost edge or trailing edge on the aircraft's wings or aircraft tail, which is used to continue the lightning flow which hits the airplane going back into the air, and can also be used to neutralize the static electricity in the aircraft. due to the friction of the wings of the aircraft with clouds that cause static electricity to the aircraft, because lightning or static electricity can disrupt the work of electrical components, aircraft communication and navigation, can even damage the electrical components, communication components and navigation components that exist on an aircraft. The purpose of this thesis research is to know the static discharge working system that already exists in the current aircraft and to determine the location where the static discharge was installed on an aircraft. By using the scroll ball

method, it is possible to find out the potential affected by lightning strikes located anywhere and also can determine the places that will be installed static discharge. So get results that are in accordance with the safety and airworthiness of the aircraft while on a flight or when parked at the airport apron. After conducting research with the scroll ball method to protect the lightning current of 100kA when the aircraft is not operating or not flying, the scroll ball radius is 32m, while when the aircraft is operating or flying to protect the lightning current by 100kA the scroll ball radius is 38m, where the most appropriate way to install a static discharge when the aircraft is operating or not operating is on the outermost wingtip as well as on the tail of the aircraft mounted on the outermost end of the elevator or rudder and when the static discharge works normally it is very unlikely that the aircraft stung by lightning strikes that cause interference with the electronics and body of an aircraft.

Keywords: Aircraft Static Electricity, Static Discharge.

1. PENDAHULUAN

Sarana transportasi umum yang perlu dibenahi adalah, baik dari segi pelayanan, keamanan, dan kenyamanan penggunaannya. Khususnya pada transportasi udara sangat perlu diperhitungkan pelayanannya yaitu pada aspek keamanannya pada saat pesawat udara yang sedang terbang. Ada banyak pertimbangan pada saat pesawat sedang terbang mulai dari cuaca, tekanan udara, arah angin, suhu udara, listrik statis antara gesekan sayap pesawat terbang dengan udara atau awan, maupun sambaran petir. Dalam penelitian tugas akhir ini akan membahas *static discharge* yang sangat membantu pesawat terbang saat mengudara terhadap gangguan listrik statis maupun terhadap gangguan petir.

Static discharge adalah alat penetralisir listrik statis maupun sambaran petir pada pesawat terbang sehingga pesawat terbang akan baik-baik saja jika terjadi timbulnya listrik statis maupun saat terkena sambaran petir, karena listrik statis maupun sambaran petir akan dilepaskan kembali ke udara melalui *static discharge*, oleh karena itu berbagai komponen yang ada didalam pesawat terbang hingga sistem komunikasi maupun navigasi pesawat terbang akan bekerja dengan normal akibat adanya kinerja dari komponen *static discharge* ini.

Pesawat terbang merupakan objek terdekat dengan sumber petir, maka dari pada itu diperlukan perancangan yang baik pada proses *join*, *bonding*, *grounding*, pengaturan penempatan elektronik yang sensitif terhadap arus jauh dari gangguan elektromagnetik, pemilihan bahan yang mampu menghantarkan arus dengan baik. Dengan metode bola gulir dapat ditentukan tingkat proteksi terhadap petir yang akan digunakan pada pesawat terbang sehingga pemakaian alat perlindungan terhadap petir tidak melampaui batas (Widodo, 2016).

Static Discharge adalah suatu alat yang digunakan dipesawat terbang supaya sistem navigasi dan sistem komunikasi pesawat tetap aman dan lancar digunakan karena pesawat terbang memiliki berbagai sistem navigasi dan komunikasi yang sangat sensitif dan untuk menetralisir listrik statis yang diakibatkan oleh adanya gesekan antara pesawat terbang dengan udara maupun awan. Muatan listrik yang timbul ini dapat terbentuk pada area antena komunikasi pesawat terbang yang terpasang dibadan pesawat terbang. *Static discharge* ini akan

membuang kembali muatan-muatan listrik yang terbentuk ke udara dan *static discharge* ini terletak dibagian belakang sayap pesawat, *horizontal stabilizer* (penyeimbang horisontal), dan *vertical stabilizer* (penyeimbang vertikal). *Static discharge* ini terbuat dari bahan yang mempunyai beda hambatan yang rendah dibandingkan dengan udara dan dirancang memiliki ujung yang runcing (ujung *static discharge* lebih kecil dari pangkal) dikarenakan listrik akan berkumpul pada ujung-ujung yang runcing, sehingga dapat dengan mudah dibuang kembali muatan listrik statisnya ke udara (Pia, 2013).

Pelepasan muatan listrik statis (*electrostatic discharge*) adalah ancaman terkenal terhadap kendaraan luar angkasa dan sistem elektronik, muatan listrik statis ini terutama terjadi dengan meningkatnya penggunaan material komposit yang tidak mengandung logam untuk badan pesawat terbang. Selain itu kilatan petir yang mengenai pesawat terbang juga dimulai dengan pelepasan muatan listrik statis pada badan pesawat terbang. Pelepasan muatan listrik statis menghasilkan muatan listrik positif yang tumbuh ke arah petir dari satu bagian pesawat, selain itu muatan listrik negatif diluncurkan ke tanah atau awan lain. Muatan listrik yang diinduksi karena komponen medan listrik vertikal dari pusat awan yang berisi muatan elektron bebas (Parmantier, 2012).

Perangkat pelepasan listrik statis mencakup benden dan jalur listrik yang ada dalam badan pesawat terbang untuk mengeluarkan muatan listrik statis. Indikator visual yang menunjukkan status operasional saat ini dari jalur listrik untuk melepaskan kembali muatan listrik statis ke awan secara efektif. Indikator visual dapat diamati oleh *pilot* dan *co-pilot* pesawat terbang atau teknisi untuk dengan cepat menentukan status operasional maupun tidak operasional dari perangkat pelepasan muatan listrik statis (Selekton, 2016).

2. METODE

2.1 Studi Literatur

Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan bahan penelitian yang diambil dari berbagai sumber referensi yaitu seperti buku, internet, jurnal nasional maupun jurnal internasional guna membantu proses penelitian.

2.2 Pengumpulan Data dan Perhitungan

Pengumpulan data diambil langsung dari skatek 043 lanud adisutjipto yogyakarta. Data yang diambil yaitu berupa usia jam terbang, bahan *static discharge*, karakteristik *static discharge*, kapasitas kemampuan *static discharge*. Setelah melakukan pengambilan data dilanjutkan perhitungan untuk melihat perbandingan data *real* dengan data perhitungan.

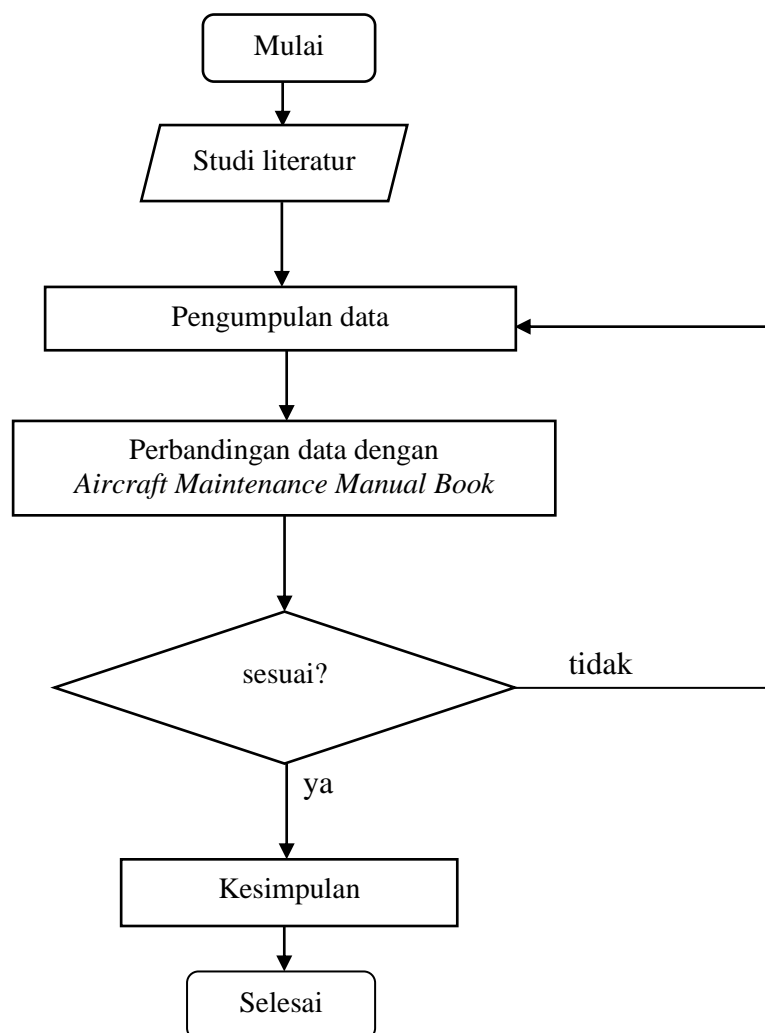
2.3 Perbandingan Perhitungan dengan Data

Setelah dilakukan perhitungan langkah selanjutnya yaitu dilakukan perbandingan. Bilamana hasil perhitungan jauh dari data sesungguhnya maka akan diulangi ke tahap awal, namun bila sudah sinkron maka akan dilanjutkan ke tahap kesimpulan.

2.4 Tahap kesimpulan

Setelah melakukan pengumpulan data dan perhitungan maka dilakukan pendataan untuk mengetahui antara perhitungan dan data.

2.5 Diagram alir



Gambar 1 Diagram Alir Metode Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data data yang diperoleh sebagai berikut

1. Usia jam terbang *static discharge* tidak bisa ditentukan secara pasti hal itu disebabkan karena faktor alam (petir). *Static discharge* termasuk komponen yang diinspeksi pada saat *preflight check* atau *walkaround check*, dimana saat pengecekan secara *visual check static discharge* masuh layak digunakan walaupun dalam keadaan bengkok yang dapat diluruskan namun resistansi harus tetap dalam toleransi yang ada didalam tabel *of limit* pesawat yang bersangkutan.
2. *Static discharge* ini dibuat dari material *carbon fiber* yang mempunyai beda hambatan yang rendah dibanding dengan udara. Ratusan serat *carbon fiber* yang dianyam menjadi sebuah silinder dengan panjang 7,6 hingga 20,3 cm (3-8 inch) dengan diameter seukuran sedotan dan dirancang memiliki ujung yang runcing (pada *pin type static discharge*) dikarenakan listrik akan berkumpul pada ujung-ujung yang runcing sehingga dapat dengan mudah dibuang muatan listrik statisnya ke udara atau atmosfer.
3. Karakteristik *static discharge* menghilangkan muatan statis yang terakumulasi sedemikian rupa untuk mengurangi kebisingan yang dihasilkan oleh pelepasan korona terkait dan untuk meminimalkan *noise* selanjutnya yang digabungkan ke dalam sistem komunikasi dan navigasi tertentu. Ada dua jenis *static discharge* yaitu tipe pin dan tipe karbon. Mesin ketik pin berwarna kunig dan memiliki pin tajam didekat ujungnya. Tipe karbon berwarna hitam dan memiliki ujung epoksi karbon yang halus dan kedua tipe tersebut dapat diperuntukan dan dipasang dityperetainer yang sama.
4. Kapasitas kemampuan hambatan dari *static discharge* yaitu 6-200 megaohm dengan toleransi 100 miliohm (0,1 ohm).

3.1 Pembagian Zona Sambaran Petir

Berikut adalah pembagian zona sambaran petir oleh SAE *Aerospace*:

Zona 1A (Zona sambaran balik pertama) adalah semua bidang permukaan pesawat dimana sambaran pertama terlampir dalam waktu yang singkat dan daerah berujung runcing yang memicu terjadinya sambaran petir.

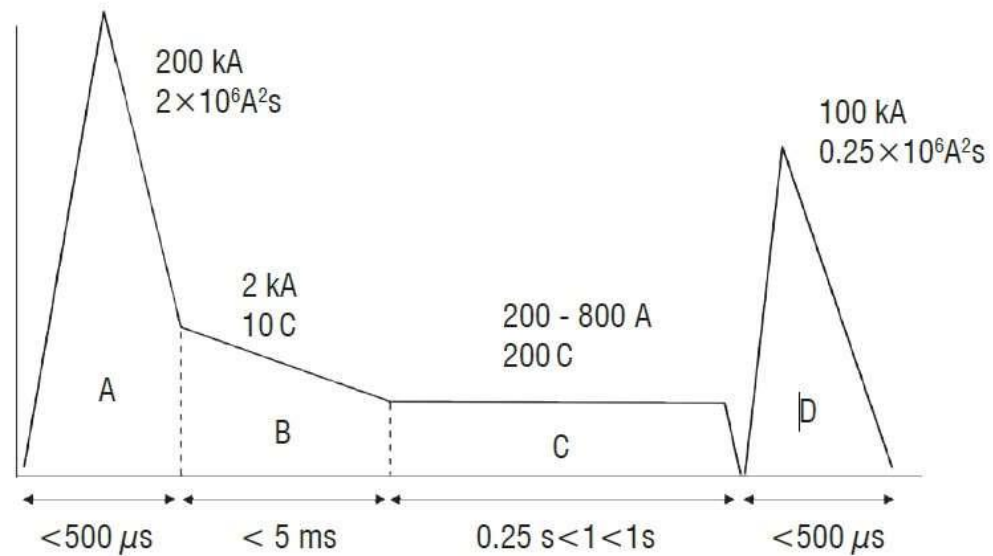
Zona 1B (Zona sambaran balik pertama dengan panjang menggantung) adalah semua bidang permukaan pesawat dimana sambaran pertama kali terlampir dalam waktu yang singkat dan daerah berujung runcing yang memicu terjadinya sambaran petir.

Zona 1C (Zona transisi untuk sambaran balik pertama) adalah semua bidang permukaan pesawat dimana sambaran sapuan terjadi dengan amplitudo rendah dan dalam rentan waktu yang lebih lama.

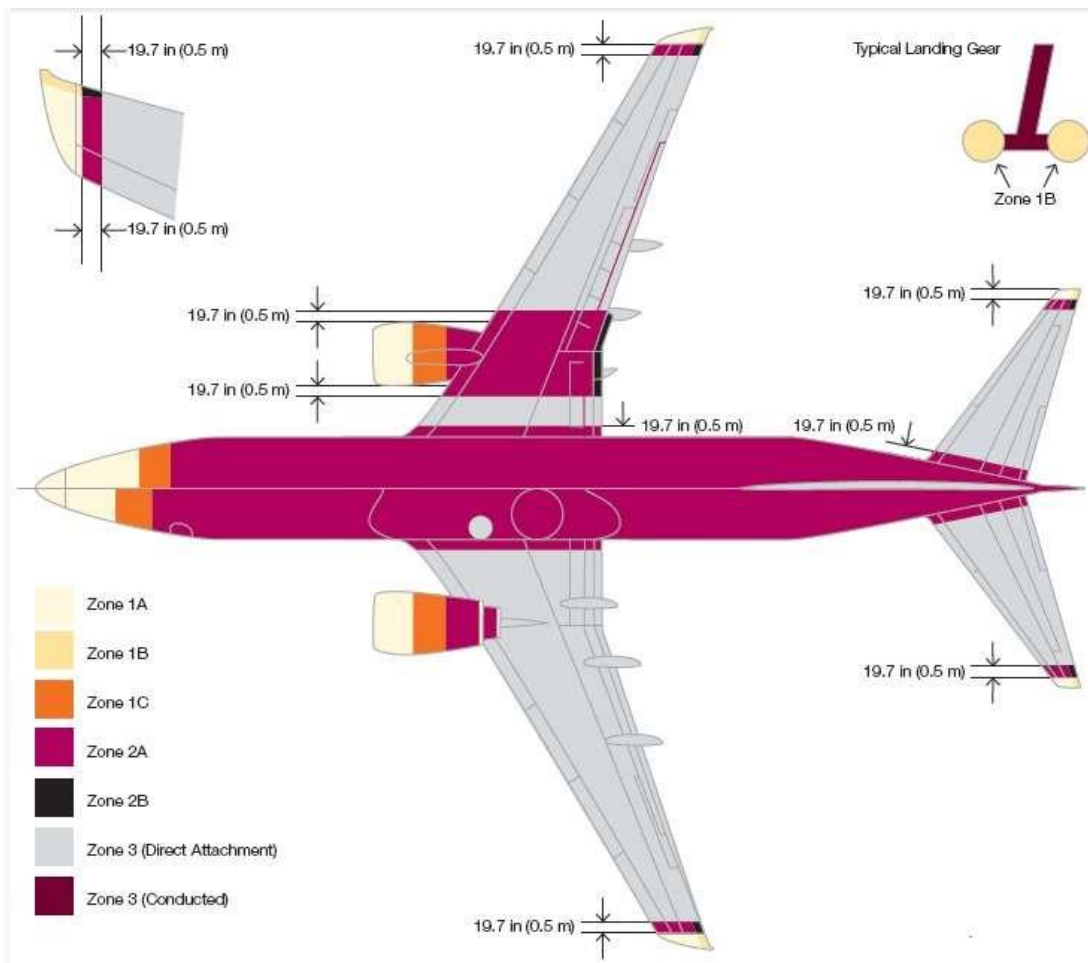
Zona 2A (Zona sambaran balik) adalah semua bidang permukaan pesawat dimana terjadi sambaran kedua dengan amplitudo lebih rendah dari 1A, tetapi masih lebih tinggi dari 1C dalam waktu yang singkat.

Zona 2B (Zona sambaran sapuan dengan panjang menggantung) adalah semua bidang permukaan pesawat dimana terjadi sambaran kedua dengan sambaran sapuan dalam waktu yang lebih lama.

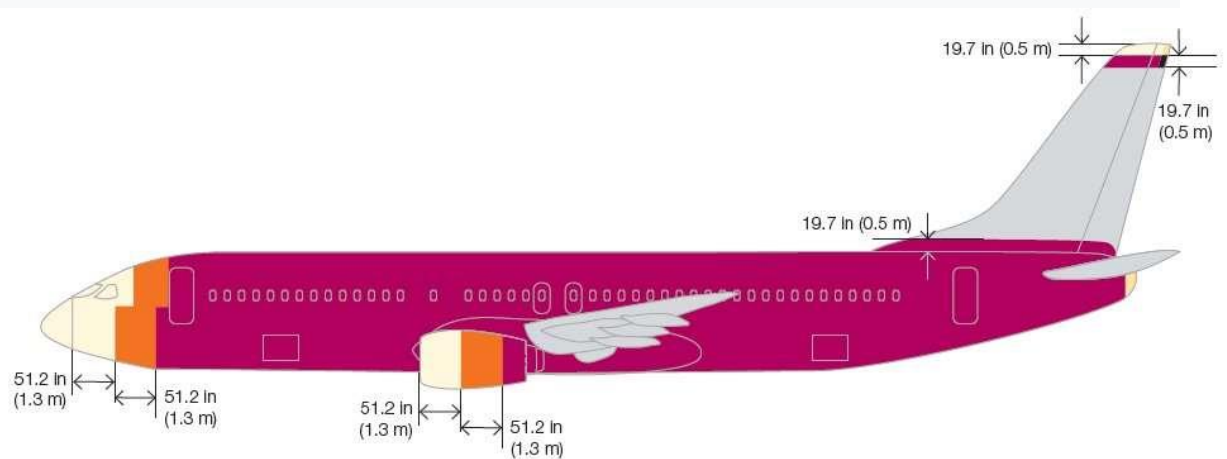
Zona 3 (Zona sambaran selain dari zona 1 dan 2) adalah selain dari zona 1A, 1B, 1C, 2A, dan 2B yaitu pada bagian-bagian dari pesawat yang terletak dibawah atau diantara zona lainnya.



Gambar 2 Karakteristik sambaran petir



Gambar3Pembagianzonasambaranpetir

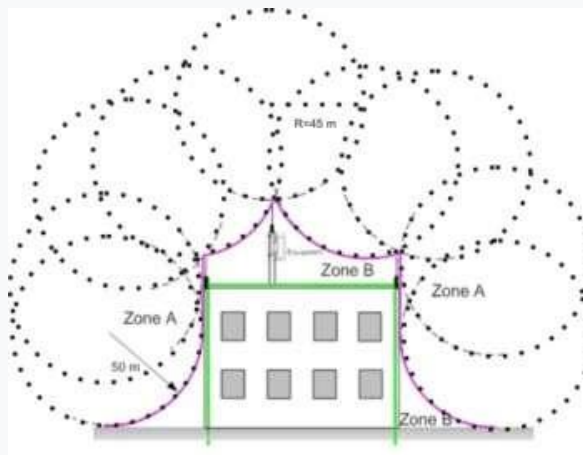


Gambar4Pembagianzonasambaranpetir dilihat dari samping

3.2 Metode Bola Gulir

Metode ini banyak digunakan untuk membangun sistem keamanan pada pembangkit, gardu distribusi, gedung, maupun peluncur roket, dengan metode ini seolah-olah ada bola bergulir dengan radius R bergulir disepanjang bagian yang mampu bekerja sebagai penghantar. Titik sentuh bola yang bergulir distruktur adalah dimana bagian itu yang dapat tersambar petir. Besar radius berhubungan dengan besar arus petir.

Radius bola gulir yang didapat dari perhitungan konsep *leader* potensial untuk menghitung jarak sambaran. Dengan metode *leader* potensial bisa menunjukkan berapa tahanan terendah pada *grounding* dan *bounding* untuk mengurangi *ground potential rise* maupun efek sekunder dari sambaran petir yang dapat mempengaruhi peralatan elektronik didalamnya. Dapat diasumsikan bahwa *leader* petir sama dengan konduksi kawat didalam lingkungan medan listrik.



Gambar 5 Metode Bola Gulir Pada Gedung

Warna hijau adalah bagian bangunan yang harus diproteksi. Warna ungu adalah bentuk imajiner dari bola gulir yang mewakili zona sambaran pada bangunan yang dapat tersambar petir dan bagian yang tidak tersentuh dengan bola merupakan bagian yang harus diproteksi dari sambaran petir. Garis hitam tebal berhubungan dengan pusat bola gulir yang terletak pada R_a jarak dari tanah atau permukaan bangunan. BAe telah menerapkan model bola gulir ke kasus sambaran petir untuk pesawat terbang dan digunakan menghitung zona sambaran awal petir bahkan model ini mengasumsikan bahwa penyadapan pesawat petir alami yang tidak konsisten dengan penerbangan pengamatan menunjukkan bahwa itu adalah pesawat yang memicu petir. *Point* lampiran dihitung dengan bergulirnya bola pada permukaan pesawat. *Point* yang tersentuh oleh

bola sesuai untuk *entry point*, dari permukaan eksternal yang dihasilkan oleh pusat bola, probabilitas permukaan dasar dari pesawat yang mungkin tersambar.

Keuntungan dari model ini digunakan untuk mengasosiasikan probabilitas langsung ke daerah tertentu pada pesawat yang disambar petir. Namun harus diingat bahwa metode ini didasarkan pada model empiris, hal ini konsisten dengan salah satu proses sambaran petir yang memungkinkan dalam kasus pesawat. Selain itu hasil dilapangan tergantung pada pemilihan radius.

3.3 Perhitungan Jarak Sambaran Petir Pada Pesawat

Perhitungan jarak sambaran petir terhadap pesawat menggunakan metode bola gulir berdasarkan standar IEEE 998-1996 dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = k \cdot I^{0,75} \quad (1)$$

Keterangan :

R = jari-jari bola gulir (m)

k = konstanta

I = arus sambaran petir (kA)

Dimana :

Jika dipasangkanground atau kawat tanah sebagai proteksi maka nilai k = 1.

Jika yang dipasangkan batang konduktor atau *static discharge* maka nilai k = 1,2.

Nilai arus petir yang akan diproteksi sebesar 100 kA, dengan sistem perlindungan *grounding* atau kawat tanah maka nilai k = 1.

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } R &= k \cdot I^{0,75} \\ &= 1 \cdot 100^{0,75} = 31,6227 \text{ m} = 32 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai arus petir yang akan diproteksi sebesar 100 kA, dengan sistem perlindungan batang konduktor atau *static discharge* maka nilai k = 1,2.

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } R &= k \cdot I^{0,75} \\ &= 1,2 \cdot 100^{0,75} = 37,9473 \text{ m} = 38 \text{ m} \end{aligned}$$

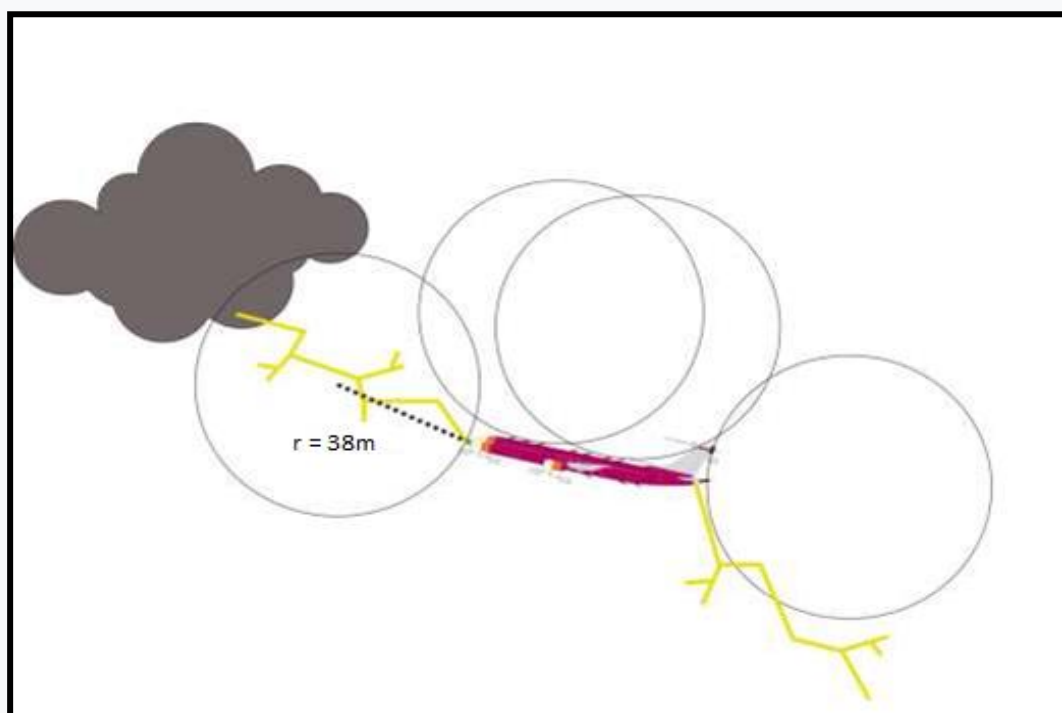
Dari hasil perhitungan radius bola gulir didapat sebesar 32 m dan panjang pesawat berdasarkan data Airbuss 330-200 sepanjang 58,8 m = 60 m. Kemudian bola digambar pada ujung-ujung konduktif dan seolah-olah digulirkan pada daerah yang ingin diproteksi, jika bagian dari pesawat tidak tersentuh bola tersebut maka berarti bagian tersebut terlindungi oleh *static discharge*.

Tabel 1 Level sistem proteksi petir berdasarkan standar IEC 62305

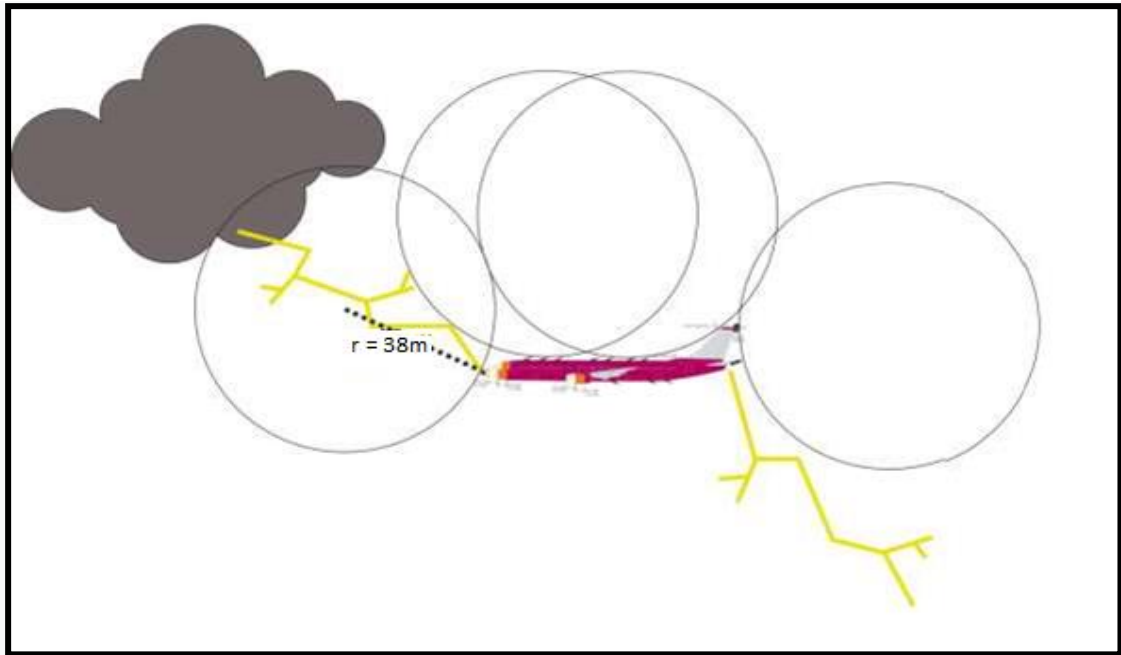
Level LPS	Jari-Jari Bola Gulir (m)	MinArus (kA)	MaxArus (kA)
I	20	3	200
II	30	5	150
III	40	10	100
IV	60	16	100

Tabel 2 Dimensipesawat terbang

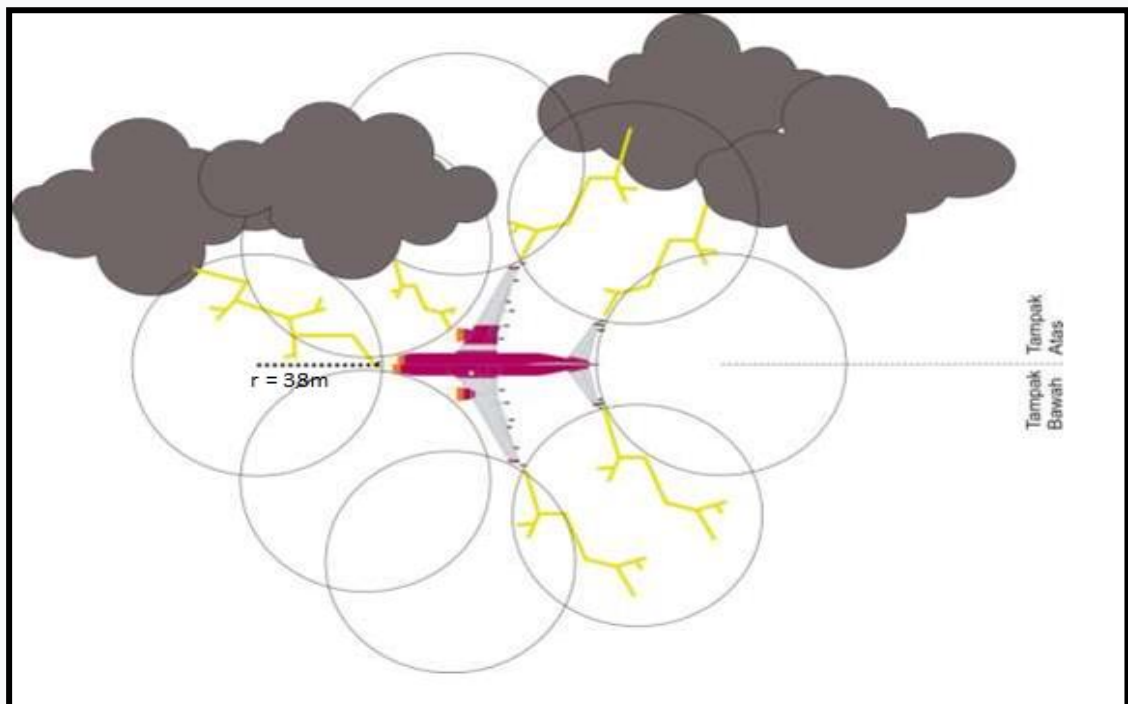
No	Tipe Pesawat	Panjang (m)	Tinggi (m)	Panjang Sayap (m)
1	Airbus 330-300	58,8	17,4	36,8
2	Pesawat Latih KT-1B	10,3	3,7	10,3
3	Boeing 737-600-900	42,5	12,6	35,8



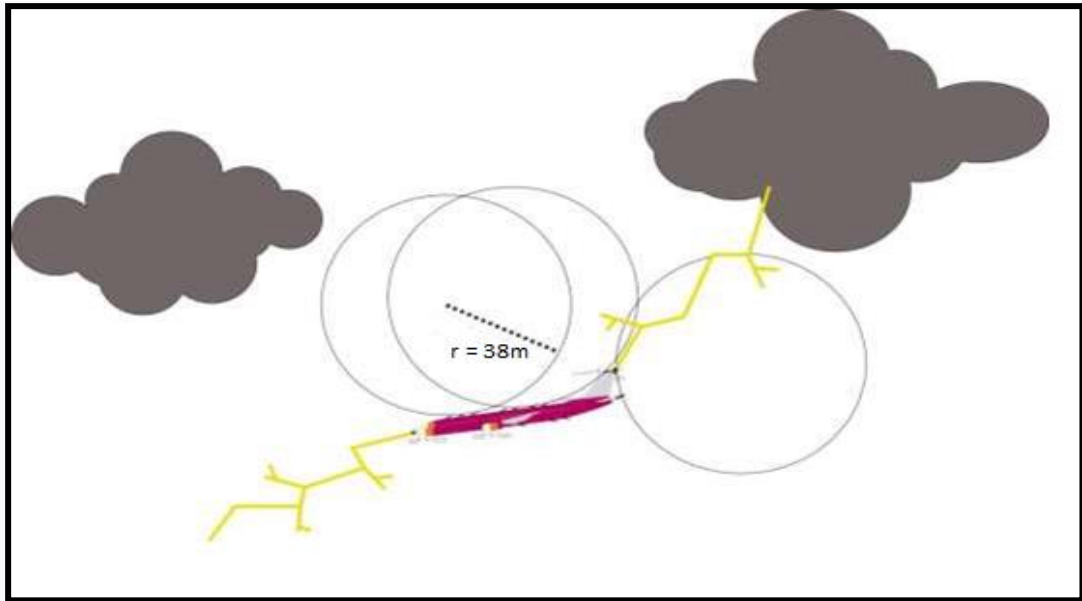
Gambar 6 Metode bola gulir pada saat kondisi lepas landas



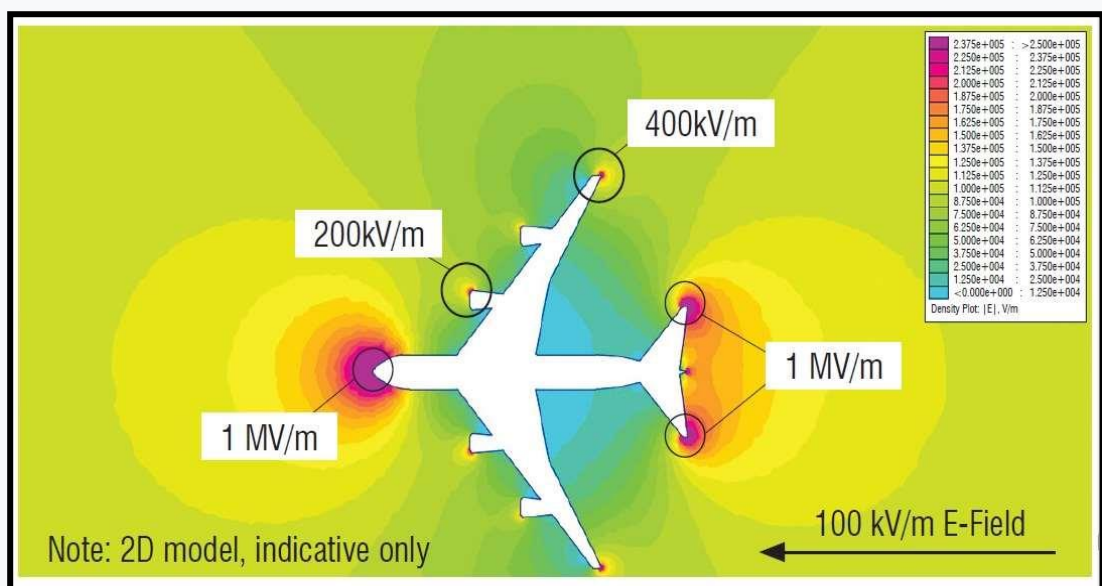
Gambar 7 Metode bola gulir tampak samping pada kondisi jelajah



Gambar 8 Metode bola gulir tampak atas pada kondisi jelajah



Gambar 9 Metode bola gulir pada kondisi mendarat



Gambar 10 Pengukuran medan listrik oleh ONERA

Pesawat terbang adalah objek yang terdekat dengan sumber petir, dimana pada saat terbang pesawat mempunyai tiga posisi yaitu lepas landas (*take-off*), jelajah (*cruise*), mendarat (*landing*). Pada setiap posisi tersebut mempunyai peluang titik terbesar yang sering terkena sambaran petir, yaitu :

1. Posisi lepas landas (*take-off*)

Pada posisi lepas landas hidung pesawat atau *radome* adalah bagian yang paling dekat dengan sumber petir bisa dilihat pada gambar 6 dan dari gambar tersebut terlihat ketika petir menyambar pada hidung atau *radome* pesawat, bagian atas atau punggung pesawat, dan ujung

ekor pesawat. Oleh karena itu dipasanglah penghantar arus petir pada titik *entry* hingga ke titik *exit* disepanjang pesawat terbang. Ada dua cara untuk menghantarkan arus petir tersebut yaitu dengan cara eksternal dan internal. Secara eksternal yaitu dengan memasang pelat logam pada ujung *radome* dan *diverter* bersegmen. Secara internal yaitu dengan memasang internal *diverter* pada rongga-rongga rangka pesawat dari bagian *radome* menuju sayap pesawat, dari sayap pesawat menuju ekor pesawat.

2. Posisi Jelajah

Sambaran yang dari atas, pada posisi tersebut semua bagian pesawat terbang memiliki probabilitas yang sama terkena tersambar petir namun sering terjadi sambaran sapuan pada bagian atas pesawat terbang baik *multiple strike* dan *multiple burst*. Titik sambaran pada saat posisi jelajah bisa melalui *radome*, batang *static discharge* dibagian atas dan ekor, bisa dilihat pada gambar 7. Seringkali terjadi sambaran sapuan disepanjang punggung pesawat. Sambaran sapuan adalah sambaran petir yang terjadi berulang kali disepanjang bidang datar dalam waktu yang lebih lama. Maka dari itu dibagian punggung pesawat harus dipasang batang *static discharge* dan pada kulit pesawat atau bagian permukaan pesawat dipasang dengan *copper mesh* secara berlapis dan pengecatan dengan *spray* konduktif. Sedangkan sambaran petir dari sisi samping ini juga sering terjadi pada ujung sayap, ujung ekor bagian *elevator*, maupun pada mesin *propeller*, bisa dilihat pada gambar 8. Untuk menetralkan muatan listrik statis maka dibagian tepi pesawat ke udara dipasanglah batang *static discharge*.

3. Posisi Mendarat

Pada posisi mendarat bagian yang paling sering terkena sambaran petir adalah pada bagian ekor pesawat terbang sama seperti yang terlihat pada gambar 9. Maka dari itu dipasanglah batang *static discharge* pada *rudder* dan *elevator*. Batang *static discharge* selain berfungsi untuk menghantarkan arus petir pada titik ekstrimitas dan mempunyai fungsi utama yaitu sebagai pengendali korona *discharge* yang timbul pada sisi pesawat seperti pada ujung sayap dan juga ekor baik *rudder* maupun *elevator*. Korona *discharge* pada pesawat timbul karena adanya dua material yang berbeda dan saling bergesekan antara kulit pesawat dengan udara, debu, dan material yang ada di udara lainnya. Korona *discharge* bisa menimbulkan gangguan pada peralatan listrik pesawat dan gangguan pada sistem komunikasi pesawat.

4. PENUTUP

Berdasarkan penjelasan dan data yang diperoleh maka dapat diambil sebuah kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan pesawat terbang harus dirancang dengan baik mulai dari proses *join*, *bonding*, maupun *grounding*, pengaturan penempatan elektronik juga harus diperhatikan terutama yang sensitif terhadap arus listrik dan gangguan elektromagnetis, bahan harus mempunyai kemampuan untuk menghantarkan arus listrik dengan baik.
2. Metode bola gulir dapat digunakan untuk menentukan tingkat proteksi terhadap petir yang akan digunakan pada pesawat terbang sehingga pemakaian alat proteksi tidak melebihi batas dan juga untuk menentukan letak dimana *static discharge* itu akan dipasang.
3. Pembagian zona sambaran pada pesawat terbang merupakan metode bantu respon agar bisa mengetahui bagian mana yang mengalami rawan kerusakan sehingga membantu mempercepat proses perbaikannya.
4. Selain menggunakan *static discharge* ada komponen pendukung lainnya yang mampu membantu melindungi pesawat dari sambaran petir maupun listrik statis yaitu dengan memasang *copper mesh*, *diverter*, *p-static wicks*.

PERSANTUNAN

Tugas akhir yang dikerjakan ini, tidak lepas dari berbagai pihak yang membantu. Penulis berterimakasih kepada:

1. Allah SWT yang sudah memberikan hidayah, rahmat serta inayah-Nya.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan nasihat dan do'a.
3. Bapak Hasyim Asy'ari, S.T, M.T. selaku pembimbing tugas akhir yang terus menerus memberi arahan dan ilmunya terkait dengan tugas akhir.
4. Bapak SERDA Danario Febrian Utama selaku mekanik skatek 043 lanud adisutjipto yogyakarta yang membantu mencarikan data dan memberi ilmunya.
5. Putu Veranata dan Syaiful Adhib Wijaya mahasiswa sekolah tinggi ilmu penerbangan yang telah membagikan ilmunya.
6. Semua bapak dan ibu dosen teknik elektro yang telah memberikan ilmunya selama diperkuliahan.
7. Teman-teman teknik elektro angkatan 2015 sampai dengan angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat dan do'a untuk segera menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Aircraft Maintenance Manual Boeing 737 – 600/700/800/900.(2016). ATA Chapter 23 – *Communications.*, Norwegian : Boeing.
- Bergqvist Pia. (2013). *Check Your Wicks*. Flayingmag
- Grady L Selektion. (2016). *Aeronautical Static Discharge Device andIndicator Therein*. United States Patent.
- Ivan Garcia. (2016). *Method for P-Static Source Location on Aircraft Using Time Domain Measurements*. Electromagnetics Research C, Vol. 62, 89-98.
- Krisna Wahyu Adhi Widodo. (2016). Analisis Dampak Sambaran Petir Pada Sistem Kelistrikan Pesawat. Skripsi., Jakarta : STT-PLN.
- Parmantier, J. P. (2012). *Indirect effect of lightning on aircraft and rotorcraft*. Journal of AerospaceLab, AL05-10.
- Retno Aita Diantari, ST., MT. (2016). Sistem Proteksi Pada Pesawat Boeing 737 – Clasic. Jurnal Ilmiah., Jakarta : STT – PLN.